



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 102 00 243 A 1**

(5) Int. Cl.⁷:
G 02 B 3/00
B 23 K 20/00
C 03 C 27/00

(71) Anmelder:
Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen, DE

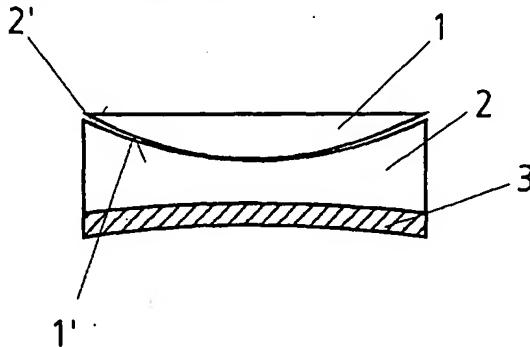
(74) Vertreter:
Lorenz und Kollegen, 89522 Heidenheim

(72) Erfinder:
Möller, Timo, Dipl.-Ing., 73463 Westhausen, DE;
Roß-Meßemer, Martin, Dr.rer.nat., 73457 Essingen,
DE; Höller, Frank, Dr.-Ing., 73434 Aalen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Verfahren zum Ansprenge von optischen Elementen auf einem Gegenelement

(55) Ein Verfahren dient zum Ansprenge von optischen Elementen (1) auf einem Gegenelement (2), wobei die beiden Elemente (1, 2) in den für das Ansprenge vorgesehenen korrespondierenden Bereichen ihrer Oberfläche mit der erforderlichen Oberflächenqualität hinsichtlich Rauheit und Formgenauigkeit bearbeitet wurden. Wenigstens eines der Elemente wird über ein aktives Material (3) hinsichtlich seiner Oberflächenform im Bereich der gewünschten Ansprenge vor und während des Ansprengens so verändert, daß eine exakte Positionierung der Elemente (1, 2) gegeneinander möglich ist. Danach wird die Veränderung der Oberflächenform durch das aktive Material kontinuierlich aufgehoben, bis die Elemente (1, 2) aneinander angesprengt haben.



DE 102 00 243 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansprennen von optischen Elementen auf einem Gegenelement, wobei die beiden Elementen in den für das Ansprennen vorgesehenen Bereichen ihrer Oberflächen mit der erforderlichen Oberflächenqualität hinsichtlich Rauheit und Formgenauigkeit, welche für das Ansprennen erforderlich ist, bearbeitet werden.

[0002] Der Vorgang des Ansprengens ist in der Optik und Feinmechanik allgemein bekannt. Es handelt sich dabei um das Herstellen einer Verbindung zwischen zwei Bauelementen, welche hinsichtlich ihrer Oberflächenqualität sehr gut und hinsichtlich ihrer Oberflächenform formschlüssig zueinander ausgeführt sind. Bei derartigen Elementen lassen sich die korrespondierenden Oberflächen durch Aneinandersetzen in so dichten Kontakt zueinander bringen, daß es zu einer festen Verbindung zwischen den beiden Bauteilen kommt. Die Kraft, welche diese Verbindung aufrecht erhält, ist dabei nach gängiger Lehrmeinung den Van-der-Waals-Kräften zwischen den einzelnen Atomen oder Molekülen der beiden Bauelemente zuzuschreiben.

[0003] Ein derartiges Ansprennen erfolgt beispielsweise bei metallischen Materialien, wie hochgenauen Endmaßen, oder insbesondere bei amorphen oder kristallinen optischen Materialien, welche im Bereich von polierten in ihrer Form miteinander korrespondierenden Oberflächen durch Ansprennen miteinander verbunden werden.

[0004] Ein Nachteil dieser Technik liegt sicherlich darin, daß das Ansprennen vergleichsweise unkontrolliert abläuft, da beim Zusammenfügen der Elemente die die Elemente verbindende Kraftwirkung vergleichsweise schlagartig eingesetzt und so beim Aufbau der Verbindung eine Dejustage der beiden Elemente zueinander erfolgen kann.

[0005] Des weiteren ist eine derartige Verbindung vergleichsweise schlecht wieder zu lösen. Beim Lösen von aneinander angesprennten Endmaßen werden diese beispielsweise mit einem Hammer oder dergleichen Erschütterungen ausgesetzt, so daß sich die Verbindung wieder löst. Eine derartige Vorgehensweise ist jedoch bei hochgenau einjustierten optischen Elementen nicht möglich, da sich die Erschütterungen auf andere Bereiche auswirken können und so zu einer Dejustage von anderen optischen Elementen in der direkten Nachbarschaft führen könnten. Außerdem kann durch die Erschütterung beim Einsatz entsprechender Materialien, wie beispielsweise Kalziumfluoridlinsen oder dergleichen, eine Beschädigung des optischen Elements erfolgen.

[0006] Des weiteren kennt der allgemeine Stand der Technik aktive Materialien, welche sich unter dem Einfluß eines elektrischen oder magnetischen Feldes mechanisch verändern, beispielsweise eine Längenänderung erfahren. Diese im allgemeinen unter dem Begriff Adaptronik zum Einsatz kommenden "intelligenten" Materialien (smart materials) können beispielsweise piezokeramische Materialien, wie z. B. Bleizirkontitanat (PZT), oder andere Materialien auf Basis von Silikaten sein.

[0007] Es ist auch hinlänglich bekannt, aus derartigen Materialien in kraftschlüssiger Kombination mit einem anderen, im allgemeinen nicht aktiven Material bimorphe Elemente zu schaffen. Diese bimorphen Elemente lassen sich hinsichtlich ihrer Verhaltensweise am ehesten über ein sehr bekanntes bimorphes Material, das sogenannte Bimetall, erläutern. Ändert eines der Materialien seine Länge stärker als das andere Material, im Falle des Bimetalls aufgrund einer Temperaturänderung, so kommt es zu einem Verbiegen der Materialien.

[0008] Dieser Effekt läßt sich sinnvoll ausnutzen, wenn

aktive Materialien und nichtaktive Materialien kraftschlüssig miteinander verbunden werden. Wird nun das aktive Material aufgrund beispielsweise eines elektrischen oder magnetischen Feldes in seiner Länge verändert, so wird sich der gesamte Aufbau aus dem bimorphen Material entsprechend verbiegen und eine gekrümmte Form annehmen.

[0009] Derartige bimorphe Materialien sind als Aktuatoren an sich bekannt und beispielsweise durch einen piezoelektrischen Aktuator in der US 4,520,570 beschrieben.

[0010] Auch der Einsatz von derartigen bimorphen Materialien als Aktuatoren im Bereich der Optik ist beispielsweise durch die GB 1 520 811 sowie die sowjetische Schrift SU 1739343 A1 beschrieben. Beide Schriften zeigen dabei Aufbauten, durch welche ein Spiegel in seiner Lage bzw.

Position durch den Einsatz von bimorphen Elementen aus einem unter Einwirkung eines elektrischen oder magnetischen Feldes längenveränderlichen und einem unter diesen Einwirkungen nicht längenveränderlichen Material, verändert wird.

[0011] Neben diesen beschriebenen bimorphen Materialien sind im allgemeinen Stand der Technik auch trimorphe oder multimorphe Materialien bekannt, die nach demselben Funktionsprinzip arbeiten, zur Verstärkung ihrer Wirkung jedoch jeweils abwechselnd mehrere Schichten aus aktiven und nichtaktiven Materialien aufweisen, so daß vergleichsweise hohe Höhe bzw. Kräfte realisiert werden können.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, daß ein Ansprennen zwischen optischen Elementen und einem Gegenelement erreicht werden soll, bei dem der Ansprengvorgang durch äußere Maßnahmen in der Art steuerbar wird, daß es zu einer sich langsam steigernden Haltekraft kommt, womit eine Dejustage durch ruckartige Bewegungen vermeidbar ist.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß wenigstens eines der Elemente, also das optische Element oder das Gegenelement, über ein aktives Material hinsichtlich seiner Oberflächenform im Bereich der gewünschten Anspreuung vor und während des Ansprengens so verändert wird, daß eine exakte Positionierung der Elemente gegeneinander möglich ist, wonach die Veränderung der Oberflächenform kontinuierlich aufgehoben wird, bis die Elemente aneinander angesprengt haben.

[0014] Ein besonderer Vorteil dieses erfinderischen Gedankens liegt darin, daß das Ansprennen von optischen Elementen dadurch kontrollierbar gestaltet wird. Durch das aktive Material, beispielsweise einen adaptiven Aktuator aus dem oben bereits beschriebenen bimorphen oder multimorphen Aufbau, verändert sich die Form von Oberflächen, insbesondere die Form der Oberfläche des Gegenelements.

[0015] Durch diese kontrollierte Änderung der Form beim Ansprennen wird gewährleistet, daß das Ansprennen nicht ruckartig sondern als kontinuierlicher Vorgang stattfindet, bei welchem sich das über das aktive Material aus seiner paßgenau mit dem optischen Element korrespondierenden Form herausveränderte Gegenelement in diese ursprüngliche Form zurückbewegt, so daß die beiden Elemente aneinander ansprennen können.

[0016] Neben dieser vollkommenen Kontrollierbarkeit des Ansprengvorgangs läßt sich bei dem erfindungsgemäß Gedanken auch ein Lösen von zwei aneinander angesprennten Bauelementen erreichen, ohne daß diese dabei aus ihrer Lage bewegt werden.

[0017] Damit wird bei Ansprengvorgängen erstmalig die Möglichkeit eines Lösen, Nachjustieren und Wiederansprengens möglich, was bisher praktisch nicht möglich war oder immer eine komplette Neujustage erforderlich gemacht hat, da beim Lösen der beiden Bauteile voneinander massive Veränderungen der Position und massive mechanische Bela-

stungen aufgetreten sind.

[0017] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die durch das Verfahren erzeugte Verbindung, von einem molekularen Schweißen abgesehen, lösbar ist, und daß sie aber dennoch so fest ist, daß sie neben den mechanischen Belastungen auch eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit zwischen den beiden Elementen sicherstellt, so daß punktuelle thermische Belastungen sehr gut homogenisiert abgeführt werden können und daraus resultierende Ver- spannungen, Beeinträchtigungen des Brechungsindex oder dergleichen in dem optischen Element vermeidbar sind.

[0018] Gemäß einer besonders günstigen Ausgestaltung der Erfindung sind die beiden Elemente während des Ansprengens zumindest annähernd auf derselben Temperatur, diese ist dabei gleich der Temperatur beim bestimmungsgemäßen Betrieb.

[0019] Daraus ergibt sich der besondere Vorteil, daß das Ansprengen unabhängig von thermischen Verspannungen oder dergleichen erfolgt, welche sich im späteren Betrieb bemerkbar machen könnten. Insbesondere wird das bimorphe Material dabei nicht durch die gegebenenfalls neben der elektrischen oder magnetischen Aktivität des Materials gegebenen Unterschiede hinsichtlich des thermischen Ausdehnungskoeffizienten verformt. Es kann sichergestellt werden, daß das Material bei dem Temperaturniveau, welches im bestimmungsgemäßen Einsatz des optischen Elements und des Gegenelements vorliegt sich nahezu neutral verhält, so daß nur vernachlässigbare Veränderungen der Oberfläche oder dergleichen aufgrund von thermischen Spannungen zu befürchten wären.

[0020] Dieses Ansprengen bei Betriebstemperatur setzt dabei selbstverständlich auch voraus, daß die Bearbeitung der entsprechenden, für das Ansprengen geeigneten Oberflächen ebenfalls bei Betriebstemperatur erfolgt ist, so daß sichergestellt ist, daß bei nicht aktivem bimorphen Element, also wenn die Piezokeramik beispielsweise auf Masse gelegt wird, die Formgenauigkeit zwischen dem optischen Element und dem Gegenelement für das Ansprengen bei der jeweiligen Betriebstemperatur ideal ist.

[0021] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen und werden in dem nachfolgenden Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung prinzipiell dargestellt.

[0022] Es zeigt:

[0023] Fig. 1 eine prinzipielle Darstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die beiden Bauelemente in einem Abstand von einander dargestellt sind;

[0024] Fig. 2 eine prinzipielle Darstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die Bauelemente in der Phase der Positionierung der Bauelemente zueinander dargestellt sind; und

[0025] Fig. 3 eine prinzipielle Darstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die Bauteile aneinander angesprengt sind.

[0026] In Fig. 1 ist ein prinzipieller Aufbau dargestellt, bei welchem ein optisches Element 1 an ein Gegenelement 2 angesprengt werden soll. Die beiden korrespondierenden Oberflächen 1' und 2' der beiden Elemente 1, 2 sind hinsichtlich ihrer Oberflächenqualität sehr gut poliert und passen hinsichtlich ihrer Oberflächenform sehr gut zueinander, so daß mit der Berührung der beiden Bauelemente 1, 2 ein Ansprengen zwischen denselben stattfinden kann.

[0027] Grundlegend kann das Bauelement 1, wie in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel, beispielsweise als Spiegel oder dergleichen ausgebildet sein, so daß dieses von unten, also auf seiner der optisch aktiven Oberfläche abgewandten Seite, an dem Gegenelement 2 angesprengt werden

kann. Es ist jedoch auch denkbar, eine derartige Technik bei diffraktiven optischen Elementen einzusetzen, wobei dann die für das Ansprengen geeigneten Bereiche außerhalb des optisch aktiven Bereichs, bei einer Linse beispielsweise in den Randbereichen, angeordnet sein müßten.

[0028] In dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist nun auf dem Gegenelement 2 auf der seiner für das Ansprengen gedachten Oberfläche 2' abgewandten Seite ein aktives Material 3 angeordnet. Bei diesem aktiven Material 3 kann es sich in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel insbesondere um ein piezokeramisches Material handeln, welches direkt kraftschlüssig auf das Gegenelement 2 appliziert ist. Als Verfahren für eine derartige Applikation hat sich beispielsweise ein organisches oder anorganisches Verkleben von Piezokeramiken auf dem Gegenelement 2 oder auch das Aufbringen von piezokeramischen Materialien, beispielsweise pastöses PZT, welches dann gesintert wird, über Siebdruckverfahren oder dergleichen vorstellen.

[0029] Wird nun das aktive Material 3, hier also die Piezokeramik, mit einem elektrischen Feld beaufschlagt, so wird sich diese Piezokeramik 3 in ihrer Länge ändern, insbesondere eine Kontraktion erfahren.

[0030] In Fig. 2 ist ein derartiger Fall dargestellt, bei dem sich die Schicht aus piezokeramischem Material 3 kontrahiert hat. Da das Material des Gegenelements 2 diese Kontraktion nicht mitgemacht hat, ist es zu einer Verformung des Gegenelements 2 gekommen, so daß dieses im Bereich seiner für das Ansprengen geeigneten Oberfläche 2' nun eine Oberflächenform aufweist, welche nicht mehr direkt mit der Oberflächenform der Oberfläche 1' des optischen Elements 1 korrespondiert.

[0031] In einer Stellung gemäß der Darstellung in Fig. 2 lassen sich die beiden Elemente 1, 2, zwischen welchen sich beispielsweise eine punktförmige Berührung oder eine sehr kleine Berührfläche ausbildet, in ihrer Position gegeneinander justieren und ausrichten. Bei dem Verfahren zum Ansprengen des optischen Elements 1 wird dann das an der Piezokeramik 3 anliegende elektrische Feld kontinuierlich verringert, so daß sich die Form der Oberfläche 2' kontinuierlich der Form der Oberfläche 1' annähert.

[0032] In Fig. 3 ist das Endstadium dieses Verfahrens zum Ansprengen dargestellt. Bei stromlosem bzw. feldlosem aktiven Material sind die beiden Elemente 1, 2 aneinander angesprengt und können sämtliche aus dem Bereich von angesprengten Verbindungen bekannten Eigenschaften bereitstellen. Insbesondere weisen sie eine sehr gute Verbindung mit guter Wärmeleitfähigkeit auf. Durch das entsprechende Verfahren werden sie außerdem derart aneinander angesprengt, daß die einjustierte Position der beiden Elemente 1, 2 gegeneinander auch nach dem Ansprengen sichergestellt ist.

[0033] Des weiteren ist die Verbindung jederzeit wieder lösbar, wenn man von einem molekularen Verschweißen der beiden Elemente 1, 2 aneinander absieht. Zum Lösen der angesprengten Verbindung sind die dargestellten Verfahrensschritte dabei in der Gegenrichtung zu durchlaufen, wobei danach selbstverständlich wieder ein Ansprengen der Bauelemente aneinander erfolgen kann.

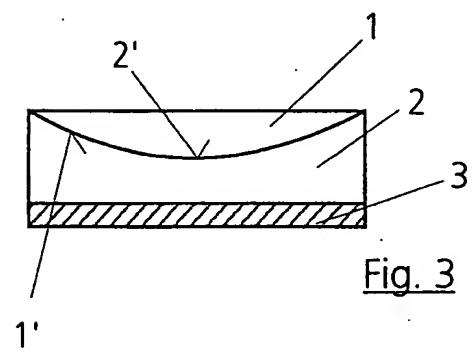
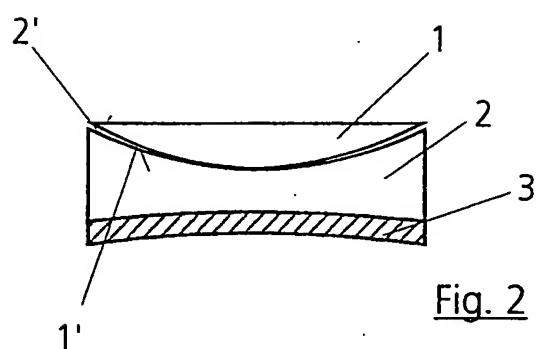
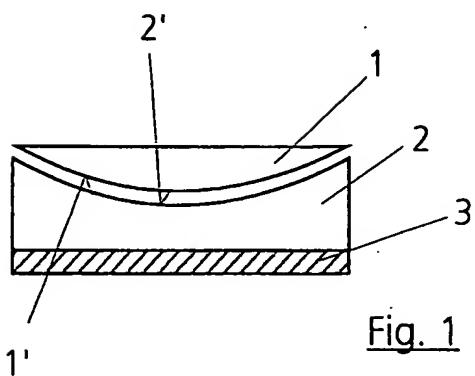
[0034] Neben der Verwendung der Piezokeramik als aktives Material 3 sind selbstverständlich auch andere ferroelektrische und ferromagnetische Materialien denkbar, welche zu ähnlichen Eigenschaften führen und aus der Kombination von Gegenelement 2 und aktivem Material 3 ein bimorphes oder multimorphes Element schaffen, welches hinsichtlich seiner Oberfläche 2' entsprechend veränderbar ist. Des Weiteren ist es selbstverständlich auch denkbar, daß das aktive Material 3 auf das optische Element selbst aufgebracht wird oder daß gegebenenfalls auch beide Elemente 1,

2 mit aktivem Material 3 versehen sein können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ansprengen von optischen Elementen auf einem Gegenelement, wobei die beiden Elemente in den für das Ansprengen vorgesehenen Bereichen ihrer korrespondierender Oberfläche mit der erforderlichen Oberflächenqualität hinsichtlich Rauheit und Formgenauigkeit bearbeitet wurden, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eines der Elemente (1, 2) über ein aktives Material (3) hinsichtlich seiner Oberflächenform im Bereich der gewünschten Ansprengung vor und während des Ansprengens so verändert wird, daß eine exakte Positionierung möglich ist, wonach die Veränderung der Oberflächenform kontinuierlich aufgehoben wird, bis sich die beiden Elemente (1, 2) aneinander angesprengt haben. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Elemente (1, 2) während des Ansprengens zumindest annähernd auf dem selben Temperaturniveau gehalten werden, wie beim bestimmungsgemäßen Betrieb derselben. 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als aktives Material (3) ein ferroelektrisches Material verwendet wird. 25
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als ferroelektrisches Material eine Piezokeramik verwendet wird. 30
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als aktives Material (3) ein ferromagnetisches Material verwendet wird. 35
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das aktive Material (3) auf die der anzusprengenden Oberfläche abgewandten Seite des Gegenelements aufgebracht ist und über elektrische/magnetische Signale betätigt wird. 40
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß es zum Ansprengen von optischen Elementen (1, 2) im Bereich der Mikrolithographie eingesetzt wird. 40

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



BEST AVAILABLE COPY